

**Verfahren zur Verarbeitung eines Eingangssignals zur
Erzeugung eines Ausgangssignals und eine Anwendung des
Verfahrens bei Hörhilfen bzw. Hörgeräten**

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur
Verarbeitung eines Eingangssignals zur Erzeugung eines
Ausgangssignals sowie Anwendungen des Verfahrens bei
Hörhilfen und Hörgeräten.

10

Sogenannte Transientenlimiter sind
Signalverarbeitungseinheiten, welche schnell ansteigende,
kurzzeitige, d.h. transiente Signalkomponenten ohne
Verzögerung, d.h. ohne Überspringen auf einen
vorbestimmbaren Pegel, der im folgenden Schwellwert genannt
wird, begrenzen können. Der Schwellwert, an dem der
Transientenlimiter in Aktion tritt, ist dabei nicht
signalabhängig sondern als Parameter einstellbar.

15

20

Transientenlimiter werden beispielsweise in Hörgeräten,
welche zur Korrektur eines Hörschadens bei einem Patienten
verwendet werden, oder auch in Hörhilfegeräten eingesetzt,
die zur Verbesserung des Hörens in speziellen Situationen,
beispielsweise bei Abhörvorgängen, verwendet werden. Im
folgenden werden unter dem Begriff „Hörhilfen“ neben den
erwähnten Hörhilfen auch die erwähnten Hörgeräte
verstanden. Sollten sich einzelne, im folgenden aufgeführte

25

P200252

Erläuterungen auf die Anwendung bei Hörgeräten allein beziehen, so wird dies jeweils ausdrücklich angegeben.

Aufgabe von Transientenlimitern in Hörhilfen ist es zu
5 verhindern, dass der maximale Ausgangspegel der Hörhilfen einen vorgegebenen Schwellwert nicht überschreitet. Dadurch werden Hörhilfeträger vor übermässiger Belastung geschützt.

Die menschliche Sprache weist bekanntlich einen
10 Dynamikbereich von ca. -15 bis +18 dB (Dezibel) um den jeweiligen mittleren Pegel auf, wobei in ruhiger Umgebung, d.h. bei geringen Umgebungsgeräuschen, der mittlere Pegel ca. 60 bis 65 dB beträgt. Bei lauter Umgebung kann der mittlere Pegel auf ca. 80 dB oder mehr ansteigen. Ausgehend
15 von diesen Tatsachen hat man daher die Schwellwerte bei bekannten Verfahren zur Begrenzung von Signalkomponenten bei Normalhörenden auf einen Höchstwert von 100 bis 120 dB fixiert. Bei einem verminderten Hörvermögen wird der Schwellwert entsprechend auf einen oberen Komfortpegel
20 gesetzt, der einem Pegel entspricht, bei dem der Patient noch keine Schmerzen empfindet.

Die menschliche Hörwahrnehmung weist die Eigenart auf, dass nicht nur Pegel, welche über dem maximalen Schwellwert bzw.
25 über dem oberen Komfortpegel liegen, als unangenehm empfunden werden. Tatsächlich werden auch transiente Geräusche (beispielsweise als intermittierender Lärm), welche einen gegenüber dem maximalen Schwellwert deutlich

P200252

tieferen Pegel aufweisen, als unangenehm empfunden, wenn eine ruhige Umgebung vorherrschend war. So wird ein zum Beispiel durch Geschirr- und Besteckklappern erzeugtes transientes Geräusch in einer ruhigen Umgebung als

- 5 unangenehm empfunden, obwohl der Pegel deutlich unter dem maximalen Schwellwert von 100 bis 120 Dezibel (dB) liegen kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe

- 10 zugrunde, ein Verfahren anzugeben, bei dem die vorstehend genannten Nachteile nicht auftreten.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Massnahmen gelöst. Vorteilhafte

- 15 Ausgestaltungen der Erfindung sowie Anwendungen des Verfahrens sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

Indem der Schwellwert in Funktion des Pegels des

- 20 Eingangssignals - d.h. adaptiv - eingestellt wird, können auch transiente Geräusche, deren Pegel deutlich unter dem Höchstwert für den Schwellwert liegen, begrenzt werden, so dass der Komfort des Hörhilfeträgers deutlich gesteigert werden kann.

- 25 Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Dabei zeigt die einzige Figur einen Verlauf eines erfindungsgemäss gewählten effektiven Schwellwertes in Funktion eines Pegels des Eingangssignals.

P200252

Das erfindungsgemässe Verfahren und dessen Verwendungen werden anhand eines in der einzigen Figur dargestellten Verlaufs eines einzustellenden Schwellwertes in Funktion
5 eines Eingangspegels I erläutert. Dabei wird zunächst von einer normalhörenden Person ausgegangen.

In der Figur wird mit GO eine erfindungsgemässe Schwellwertkurve, welche mit einer festen Linie dargestellt
10 ist, und mit GS eine mittlere Pegelkurve der Eingangssignalpegel, welche strich-punkt-liniert ausgeführt ist, bezeichnet.

Beim erfindungsgemässen Verfahren wird nun laufend ein
15 Schwellwert O bestimmt, der erforderlichenfalls, d.h. wenn der Pegel des Eingangssignals zu hoch ist, zur Begrenzung verwendet wird. Dabei wird davon ausgegangen, dass der momentane Schwellwert O eine Funktion des Pegels I des Eingangssignals ist. Der Schwellwert zur Begrenzung des
20 Eingangssignalpegels wird also laufend den momentan vorherrschenden Gegebenheiten angepasst, mit anderen Worten der Schwellwert wird adaptiv eingestellt.

Zur Einstellung des Schwellwertes O wird vorgeschlagen,
25 zunächst einen momentanen mittleren Pegel I des Eingangssignals zu bestimmen. Dies kann beispielsweise mit Hilfe des folgenden Ansatzes erfolgen:

P200252

$$I = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |s(t)| \cdot dt$$

Gemäss dieser Formel wird ein zeitlicher Mittelwert I über den Betrag des Eingangssignal s(t) berechnet, wobei die Mittelwertbildung über ein Zeitintervall T erfolgt, das beispielsweise fünf Sekunden beträgt. Die angegebene Formel eignet sich direkt zur Anwendung bei analogen Systemen. Eine entsprechende Formel kann der Fachmann ohne weiteres auch für digitalen Systeme ableiten.

In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens wird vorgeschlagen, dass bei der Bestimmung des mittleren Pegels I des Eingangssignals s(t) lediglich Umgebungsgeräusche, jedoch nicht interessierende Sprachsignale, berücksichtigt werden.

Damit Sprachsignale nicht begrenzt werden, wird weiter vorgeschlagen, den momentanen Schwellwert O um einen Differenzbetrag TR_{\max} oberhalb des mittleren Pegels I festzulegen. Vorzugsweise wird der momentane Schwellwert zwanzig Dezibel (dB) oberhalb des mittleren Pegels I festgelegt, womit wegen des erwähnten Dynamikbereichs von Sprachsignale, der von ca. -15 dB bis +18 dB um den mittleren Pegel reicht, eine Begrenzung ausgeschlossen ist.

P200252

In der Figur ist mit I_m ein ermittelter mittlerer Pegel des Eingangssignal gemäss vorstehender Formel berechnet worden. Aufgrund des Wertes für den Pegel I_m wird ein Schwellwert O_{TR} eingestellt, welcher sich aus einer Addition eines

5 mittleren Ausgangspegels O_m und dem Differenzbetrag TR_{max} bestimmen lässt. Die erfindungsgemässe Bestimmung des momentanen Schwellwerte O_{TR} ergibt einen wesentlichen Komfortgewinn für den Hörhilfeträger, solange sich der mittlere Pegel I innerhalb eines Intervalles I_1 bis I_2 befindet. Werden mittlere Pegel I des Eingangssignals bestimmt, welche oberhalb des Pegels I_2 liegen und wird das soweit beschriebene erfindungsgemässe Verfahren angewendet, so werden Ausgangspegel erhalten, die oberhalb der Schmerzgrenze liegen. Werden auf der anderen Seite mittlere
10 Pegel I des Eingangssignals bestimmt, die unterhalb eines Pegels I_1 liegen und wird das soweit beschriebene Verfahren weiter angewendet, so besteht die Gefahr, dass zumindest die ersten gesprochenen Silben abgeschnitten, d.h. begrenzt werden, bevor der mittlere Pegel I wiederum auf höhere
15 Werte ansteigt.
20

Damit bei lauter Umgebung der effektive Schwellwert O nicht zu hoch wird, ist daher in einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens vorgesehen, einen
25 maximalen Schwellwert O_{max} festzulegen, wobei vorzugsweise ein Wert von 120 dB vorgeschlagen wird. In der Figur ist dies durch einen horizontalen Verlauf der Schwellwertkurve GO auf dem Schwellwert O_{max} ersichtlich.

P200252

In Weiterführung der vorstehenden Ausführungen ist in einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, einen minimalen Schwellwert O_{\min} festzulegen, und zwar aus folgendem Grund:

In einer ruhigen Umgebung sinkt der mittlere Pegel I rasch auf Werte unterhalb 45 dB ab. Damit würde zumindest die erste Silbe eines Sprechers verschluckt, d.h. begrenzt werden, bevor der mittlere Pegel I wieder auf 60 dB ansteigt. Um dies zu vermeiden, wird der minimale Schwellwert O_{\min} festgelegt, und zwar vorzugsweise auf einen Wert von 80 dB. Dies ist dann der kleinste Pegel, der akzeptiert werden muss. In der Figur ist dies wiederum durch einen horizontalen Verlauf der Schwellwertkurve GO auf dem Schwellwert O_{\min} ersichtlich.

Wie bereits darauf hingewiesen worden ist, beziehen sich die vorstehenden Ausführungen auf die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahren in einer Hörhilfe für einen Normalhörenden. Wird das erfindungsgemässe Verfahren in einem Hörgerät für schwerhörenden Personen eingesetzt, so müssen die Parameterwerte entsprechend angepasst werden.

Entsprechend werden im folgenden weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens speziell für Hörgeräte angegeben:

Der minimale Schwellwert O_{\min} wird mit einem über den relevanten Bereich gemittelten Verstärkungswert verstärkt. Des weiteren wird der Höchstwert O_{\max} für den Schwellwert 0

P200252

auf den jeweiligen oberen Komfortpegel (UCL: upper comfort level) der Person angepasst. Ferner wird der Differenzbetrag TR_{\max} einer auf die Person bezogene Kompression eingestellt. Zusammenfassend werden die

- 5 betroffenen Parameter - nämlich minimaler Schwellwert O_{\min} , der Höchstwert O_{\max} für den Schwellwert O und der Differenzbetrag TR_{\max} - in ausgangbezogene Werte umgerechnet. Abhängig von der verwendeten Fittingfunktion wird dabei ein Eingangspegel-abhängige Verstärkung auf die
- 10 Werte O_{\min} , O_{\max} bzw. ein entsprechender Kompressionsfaktor auf TR_{\max} angewendet. Typische Kompressionsfaktoren liegen zwischen dem Wert 1 (eins), bei dem keine Kompression vorhanden ist, und dem Wert 4 (vier).

- 15 In einer weitere Ausführungsform wird vorgesehen, die Begrenzung des Eingangssignalen entweder weich oder hart vorzunehmen. Bei einer harten Begrenzung wird das Ausgangssignal erst bei Überschreiten des jeweiligen Schwellwertpegels vorzeichenrichtig auf diesen begrenzt.
- 20 Die Begrenzung kann dabei als ein Kompressionsfaktor betrachtet werden, der unendlich gross ist. Bei einer weichen Begrenzung wird schon vor dem Erreichen des Schwellwertes eine zunehmend grössere Kompression angewendet. Dies führt dazu, dass erzeugte Oberwellen
- 25 infolge der Verzerrung abgeschwächt werden, die Signalform „runder“ aussieht und das derart begrenzte Signal angenehmer klingt.

P200252

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung eines Schwellwertes (O_{\max} , O_{\min} ,
5 O_{TR}) zur Begrenzung eines Ausgangssignals einer
Verarbeitungseinheit, der ein Eingangssignal zugeführt
wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Pegel des
Eingangssignals bestimmt wird und dass der Schwellwert
(O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) in Funktion des Pegels des Eingangssignals
10 eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
aus dem Pegel ein mittlerer Pegel (I) bestimmt wird,
aufgrund dessen der Schwellwert (O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) eingestellt
15 wird, wobei hierbei vorzugsweise ausschliesslich im
Eingangssignal enthaltene Umgebungsgeräusche berücksichtigt
werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
20 der Schwellwert (O_{TR}) um einen Differenzbetrag (TR_{\max}) über
dem mittleren Pegel (I) des Eingangssignals eingestellt
wird, wobei der Differenzbetrag (TR_{\max}) vorzugsweise gleich
zwanzig Dezibel beträgt.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
der mittlere Pegel (I) aus dem Eingangssignal $s(t)$ nach
folgender Formel bestimmt wird:

P200252

$$I = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |s(t)| \cdot dt ,$$

wobei eine Mittelung über ein Zeitintervall T vorgenommen
5 wird, das vorzugsweise fünf Sekunden beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, dass ein maximaler Schwellwert (O_{\max})
festgelegt wird.

10 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass
der maximale Schwellwert (O_{\max}) gleich einem oberen
Komfortpegel einer schwerhörenden Person gewählt wird.

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, dass ein minimaler Schwellwert (O_{\min})
festgelegt wird.

20 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
der minimale Schwellwert (O_{\min}) gleich einem resultierenden
Ausgangspegel, welcher bei vorzugsweise 80 dB Eingangspegel
sowie der jeweiligen Verstärkung bei diesem Eingangspegel
liegt, welcher für eine schwerhörende Person resultiert,
gewählt wird.

25

P200252

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzbetrag (TR_{\max}) entsprechend einer Kompression für eine schwerhörende Person angepasst wird.

5

10. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zum Betrieb einer Hörhilfe.

10 11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 6, 8 oder 9 zum Betrieb eines Hörgerätes für schwerhörende Personen.

15 12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verarbeitungseinheit vorgesehen ist, dem ein Eingangssignal beaufschlagt ist, und dass ein Schwellwert (O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) zur Begrenzung des Ausgangssignals in der Verarbeitungseinheit bestimmbar ist, wobei der Schwellwert (O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) in Funktion eines Pegels des
20 Eingangssignals einstellbar ist.

25 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Pegel des Eingangssignals ein mittlerer Pegel (I) bestimmbar ist, wobei hierbei vorzugsweise ausschliesslich im Eingangssignal enthaltene Umgebungsgeräusche berücksichtigt werden.

P200252

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert (O_{TR}) um einen Differenzbetrag (TR_{max}) über dem mittleren Pegel (I) des Eingangssignals einstellbar ist, wobei der Differenzbetrag (TR_{max}) vorzugsweise gleich zwanzig Dezibel beträgt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Pegel (I) aus dem Eingangssignal $s(t)$ nach folgender Formel bestimmbar ist:

$$I = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |s(t)| \cdot dt ,$$

wobei eine Mittelung über ein Zeitintervall T vornehmbar ist, das vorzugsweise fünf Sekunden beträgt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein maximaler Schwellwert (O_{max}) festlegbar ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Schwellwert (O_{max}) gleich einem oberen Komfortpegel einer schwerhörenden Person wählbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein minimaler Schwellwert (O_{min}) festlegbar ist.

- 5 19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der minimale Schwellwert (O_{min}) gleich einer mittleren Verstärkung einer schwerhörenden Person wählbar ist.

- 10 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzbetrag (TR_{max}) entsprechend einer Kompression einer schwerhörenden Person einstellbar ist.

P200252

Zusammenfassung:

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines
5 Schwellwertes (O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) zur Begrenzung eines
Ausgangssignals einer Verarbeitungseinheit, der ein
Eingangssignal zugeführt wird, ist angegeben.
Erfindungsgemäss wird ein Pegel des Eingangssignals
bestimmt und der Schwellwert (O_{\max} , O_{\min} , O_{TR}) in Funktion
10 des Pegels des Eingangssignals eingestellt. Indem der
Schwellwert in Funktion des Pegels des Eingangssignals -
d.h. adaptiv - eingestellt wird, können auch transiente
Geräusche, deren Pegel deutlich unter dem Höchstwert für
den Schwellwert liegen, begrenzt werden. Damit kann bei
15 Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der
erfindungsgemässen Vorrichtung in einer Hörhilfe der
Komfort des Hörhilfeträgers deutlich gesteigert werden.

(einzige Figur)

P200252